

03P10445

B2

## (12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
25. Juli 2002 (25.07.2002)

PCT

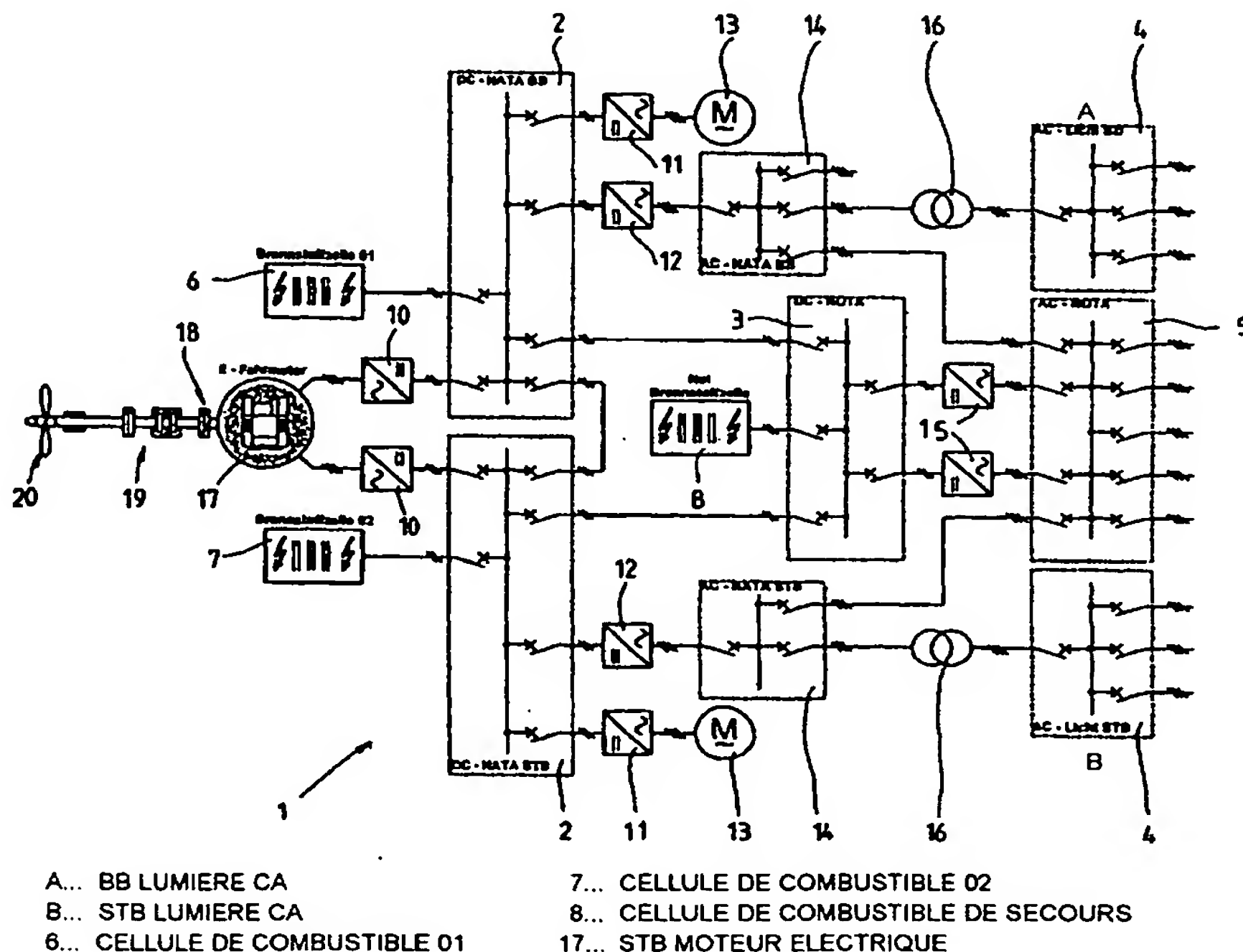
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 02/058206 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H02J 1/00** (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): RZADKI, Wolfgang  
[DE/DE]; Groothege 4e, 21509 Glinde (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/00195
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
22. Januar 2002 (22.01.2002) (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (national): BR, CA, CN, JP, KR, NO, RU, US.
- (30) Angaben zur Priorität:  
101 02 716.8 22. Januar 2001 (22.01.2001) DE (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ENERGY SYSTEM FOR WATERCRAFT

(54) Bezeichnung: ENERGIESYSTEM FÜR WASSERFAHRZEUGE



(57) Abstract: The invention relates to an energy system for watercraft, comprising at least one fuel cell module (6,7,8,9), preferably a H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> fuel cell module, by which at least one electric drive (17) and at least one electrical consumer are supplied with electric energy via a supply network. Said electrical drive (17) is an AC drive that is connected to a DC network (2) of the supply network via at least one power inverter (10).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/058206 A1



**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten BR, CA, CN, JP, KR, NO, RU, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

**(57) Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Energiesystem für Wasserfahrzeuge, umfassend wenigstens ein Brennstoffzellenmodul (6,7,8,9), vorzugsweise ein H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> - Brennstoffzellenmodul, mittels welchem über ein Leitungsnetzwerk wenigstens ein elektrischer Antrieb (17) und wenigstens ein elektrischer Verbraucher mit elektrischer Energie versorgbar sind, wobei der elektrische Antrieb (17) ein Wechselstromantrieb ist, welcher über wenigstens eine Wechselrichtereinheit (10) an ein Gleichstromnetzwerk (2) des Leitungsnetzwerks anschließbar ist.

## Beschreibung

## Energiesystem für Wasserfahrzeuge

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Energiesystem für Wasserfahrzeuge, insbesondere für Schiffe, U-Boote und dergleichen.

Die bekannten Wasserfahrzeuge unterschiedlicher Art und Größe  
10 werden üblicherweise mit Festpropellern, Verstellpropellern, Ruderpropellern und mitunter auch von Wasserstrahlssystemen angetrieben. Dabei wird die mechanische Energie für den Antrieb direkt von Verbrennungsmotoren, beispielsweise Otto Motoren, Dieselmotoren mit Schwer- bzw. Leichtölbetrieb oder  
15 Gasturbinen, erzeugt. Als Energieträger werden hier jeweils fossile Brennstoffe eingesetzt, die in seitens des Wasserfahrzeugs mitgeführten Tanks gelagert werden.

Die Verbrennungsmotoren an Bord von Wasserfahrzeugen werden  
20 dabei nicht nur für den Antrieb, sondern auch zur Erzeugung elektrischer Energie für eine Vielzahl von elektrischen Verbrauchern an Bord von Wasserfahrzeugen eingesetzt, beispielsweise für Hilfsantriebe, die wiederum elektrische Energie in mechanische Energie umsetzen, elektrische Geräte zur Erzeugung von Wärme, Kälte und Licht, elektrische Geräte der Medientechnik und elektrische Geräte der Nautik. Dabei werden  
25 die Verbrennungsmotoren mit elektrischen Maschinen gekoppelt, die die von den Verbrennungsmotoren abgegebene mechanische Energie in elektrische Energie für die elektrischen Verbraucher umwandeln. Die Verbrennungsmotoren für den Antrieb der Wasserfahrzeuge erzeugen dabei mechanische Leistungen in einem Bereich von etwa 5 kW bis etwa 60 MW, die den Antriebsorganen der Wasserfahrzeuge zur Verfügung gestellt werden.  
Die Leistung der benötigten elektrischen Energie für elektrische Verbraucher beträgt je nach Typ und Größe des Wasserfahrzeugs bis zu etwa 15 MVA. Dabei werden in Abhängigkeit  
35 der benötigten elektrischen Energie mitunter mehrere, jeweils

einen Verbrennungsmotor umfassende Bordnetzgeneratoren zur Erzeugung der elektrischen Energie eingesetzt.

Die elektrischen Verbrennungsmotoren die seitens der Wasserfahrzeuge für den Antrieb des Wasserfahrzeugs und zur Erzeugung elektrischer Energie zur Versorgung von elektrischen Verbrauchern über das elektrische Bordnetz eines Wasserfahrzeugs im Zusammenhang mit Bordnetzgeneratoren, weisen einige Nachteile auf. Die Verbrennungsmotoren erzeugen zum einen durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe umweltbelastende Schadstoffemissionen und sind in der Regel im Betrieb äußerst geräuschintensiv, was insbesondere bei Marineschiffen von Nachteil ist, da diese so einfacher detektierbar sind. Darüber hinaus geht durch die in Tanks mitzuführenden fossilen Brennstoffe für die Verbrennungsmotoren Stauraum seitens des Wasserfahrzeugs verloren. Zusätzlich weisen die Verbrennungsmotoren durch die in Tanks gelagerten fossilen Brennstoffe sowie die Bordnetzgeneratoren ein erhöhtes Gewicht auf, welches mit dem Wasserfahrzeug bewegt werden muss.

Diese Nachteile sind besonders gravierend, bei Fahrten von Wasserfahrzeugen in Hafengebieten, beispielsweise im Rahmen der Einfahrt, der Ausfahrt bzw. dem Anlegen von Wasserfahrzeugen in einem Hafen, da durch die Wasserfahrzeuge das Hafengebiet konzentrierten Emissionsbelastungen ausgesetzt ist. Aus dem Artikel "Sicherheit auf allen Wegen" in etz, Heft 13-14/2000, ist es bekannt, zum Antrieb von Schiffen mittels Gleichstrom betriebener Motoren, diese mit Brennstoffzellen mit elektrischer Energie zu versorgen, wozu schiffsseitig ein Gleichstromnetzwerk eingerichtet ist.

Darüber hinaus offenbart die DE 197 39 917 A1 ein Gleichspannungsversorgungsnetz für Schiffe, bei dem mehrere Wechselspannungsgeneratoren über gesteuerte Gleichrichter derart in Parallelschaltung betrieben werden, dass diese gleichmäßig belastet werden. Zusätzlich können am Gleichspannungsversorgungsnetz angeschlossene Brennstoffzellen vorgesehen werden.

Der Erfindung liegt in Anbetracht dieses Standes der Technik die Aufgabe zugrunde, ein Energiesystem für Wasserfahrzeuge bereitzustellen, welches neben einer emissionslosen und weitestgehend geräuscharmen Energieversorgung, -übertragung und -umwandlung für einen Antrieb des Wasserfahrzeugs eine Versorgung elektrischer Einrichtungen seitens des Wasserfahrzeugs ermöglicht.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Energiesystem für ein Wasserfahrzeug mit zumindest einem elektrischen Energie aus Brennstoff erzeugenden, mehrere miteinander verbundene Brennstoffzellen aufweisenden Brennstoffzellenmodul, insbesondere einem  $H_2O_2$ -Brennstoffzellenmodul, einem mit dem Brennstoffzellenmodul elektrisch verbindbaren Gleichstromnetzwerk und wenigstens einem über eine Wechselrichtereinheit mit dem Gleichstromnetzwerk verbindbaren Wechselstromantrieb des Wasserfahrzeugs gelöst, wobei ein mit einem eine konstante Spannung und Frequenz erzeugenden Umrichter verbindbares Wechselstromnetzwerk zum Anschluß von Wechselstromverbrauchern über den Umrichter mit dem Gleichstromnetzwerk verbindbar ist. Vorteilhaft kann eine separate Energieversorgung für Wechselstromverbraucher eingespart werden. Darüber hinaus können Wechselstromverbraucher in ein Notstromversorgungskonzept eingebunden werden.

Erfindungsgemäß wird für die Bereitstellung von Energie jedweder Art an Bord von Wasserfahrzeugen nur eine Form einer Energiequelle eingesetzt, vorliegend wenigstens ein Brennstoffzellenmodul, vorteilhafterweise bestehend aus mehreren miteinander verschalteten Brennstoffzellen. Brennstoffzellen ermöglichen die direkte Erzeugung elektrischer Energie aus Wasserstoff und Sauerstoff. Als Brennstoff wird Wasserstoff, als Oxidationsmittel wird Sauerstoff verwendet. Durch die chemische Reaktion entsteht eine elektrische Spannung und als Reaktionsprodukt wird Wasser ausgeschieden. Bei dieser Art der Erzeugung elektrischer Energie entstehen somit keinerlei



umweltbelastende Schadstoffe. Erfindungsgemäß wird die so erzeugte elektrische Energie über ein Leitungsnetzwerk dem wenigstens einen elektrischen Antrieb zur Erzeugung eines Vortriebs des Wasserfahrzeugs sowie elektrischen Verbrauchern des Wasserfahrzeugs zugeführt. Dabei wird vorteilhafterweise ein erhöhter Wirkungsgrad erzielt. Darüber hinaus ermöglichen Brennstoffzellen die direkte Erzeugung elektrischer Energie aus Wasserstoff und Sauerstoff und zeichnen sich durch einen hohen elektrischen Wirkungsgrad, ein gutes Teillastverhalten und eine geringe Geräuscentwicklung aus.

Ein Brennstoffzellenmodul erzeugt eine Gleichspannung und kann unter Belastung eine bestimmte elektrische Leistung abgeben. Je nach Leistungsbedarf im Bordnetz des Wasserfahrzeugs sind vorteilhafterweise mehrere Brennstoffzellenmodule in einer Reihen- und/oder Parallelschaltung zu einer Brennstoffzellenanlage zusammengeschaltet.

Brennstoffzellen zeichnen sich durch einen hohen elektrischen Wirkungsgrad, ein gutes Teillastverhalten, niedrige Schadstoffemissionen sowie äußerst geringe Geräuscentwicklungen aus und sind daher sowohl für dezentrale als auch zentrale Anwendungen, wie sie für das erfindungsgemäße Energiesystem für Schiffe gegeben sind, geeignet.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung weist die Brennstoffzelle einen festen Elektrolyten auf, vorzugsweise aus Kunststoff. In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist der Elektrolyt eine polymere Membran. Dies hat den Vorteil, dass die Brennstoffzelle einen überaus einfachen Aufbau aufweist. Das eigentliche elektrochemische Element, in welchem die Energie umgewandelt wird, ist die Membran-Elektrodeneinheit. Sie besteht aus dem polymeren Elektrolyten, Gasdiffusionselektroden mit Platin als Katalysator und Kohlepapier auf beiden Seiten der Elektroden. Protonen wandern von der Anode zur Kathode, wo als Reaktionsprodukt Wasser entsteht. Von der bezogen auf den oberen Heizwert

des Wasserstoffs theoretisch gegebenen Spannung von 1,48 V der  $H_2O_2$ -Brennstoffzelle stehen im unbelasteten Zustand etwas mehr als 1 V pro Brennstoffzelle zur Verfügung. Mit Hilfe einer Kühleinheit werden die Reaktanten gleichmäßig an die Elektroden herangeführt und Wärme von den Elektroden abgeführt. Produktwasser aus der Brennstoffzelle wird mit Hilfe eines geringen Sauerstoffstroms abgeführt, wobei die verschiedenen Medien gegeneinander abgedichtet werden. Die Brennstoffzelle mit einer polymeren Membran als Elektrolyten weist ein günstiges Ein- bzw. Ausschaltverhalten, ein günstiges Last- und Temperaturzyklusverhalten, geringe Spannungsdegradation, eine hohe Lebensdauer, ein günstiges Überlastverhalten, eine geringe Betriebstemperatur von etwa 80°C auf und zeichnet sich durch Fehlen eines flüssigen korrosiven Elektrolyten aus. Die Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzelle (PEM-Brennstoffzelle) stellt somit einen nahezu idealen Stromerzeuger dar. Besonders günstig ist ein Betrieb mit Wasserstoff, der in elektrisch oder physikalisch gebundener Form mitgeführt und in einem Wasserstofferzeugungsgerät freigesetzt werden kann. Dabei ist die Energiedichte um Zehnerpotenzen höher als bei den Mitführern in Wasserstoffbehältern, z.B. Dauerflaschen.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Brennstoffzelle mit dem Reaktionsgas aus einem Reformer, insbesondere Diesel-, Methanol-, Leichtbenzin- und/oder Erdgas-Reformer, und mit Luft betreibbar. Beim Betrieb mit Luft enthält die Sauerstoffseite der Brennstoffzelle etwa 21 % Sauerstoff. Beim Betrieb mit in dem Reaktionsgas aus einem Reformer, dem sogenannten Reformergas, enthält die Wasserstoffseite der Brennstoffzelle Beimischungen von Stickstoff oder Kohlendioxid. Daraus folgt, daß die PEM-Brennstoffzellen sowohl auf der Sauerstoffseite als auch auf der Wasserstoffseite nicht mehr "DEAD-ENDED" ausgeführt werden. Die Brennstoffzellenmodule werden vorteilhafter Weise für einen Überschussbetrieb ausgelegt. Die Verunreinigungen werden sowohl auf der Sauerstoffseite als auch auf der Wasserstoff-

seite niedrig gehalten. Dabei muss vermieden werden, dass beispielsweise Anteile von Kohlenmonoxid, Schwefelverbindungen oder Natriumchlorid beigemischt werden. Seeluft wird daher ein- oder zweifach gefiltert, wobei bei einer Zweifach-  
5 filterung ein Filter ein Aktivfilter ist.

Gegenüber einem Diesel-Reformer arbeiten Methanol-, Leichtbenzin- und/oder Erdgas-Reformer mit geringeren Temperaturen und haben weniger Schwierigkeiten, das flüssige Medium, bei-  
10 spielsweise Methanol, Leichtbenzin oder Flüssiggas, in einen Wasserstoffstrom umzuwandeln. Für Marinezwecke sind Diesel-Reformer besonders geeignet, aber auch Leichtbenzin-Reformer, da Dieselkraftstoff und gereinigtes Leichtbenzin eine hohe Verfügbarkeit besitzen.

15 Der Betrieb einer PEM-Brennstoffzelle mit einem Diesel-Reformer ist für das erfindungsgemäße Energiesystem von Schiffen besonders vorteilhaft, insbesondere für Kampfschiffe. Zum einen ist damit eine sichere Schadstoff und geräuscharme Strom-  
20 versorgung des Energiesystems gegeben. Dieselkraftstoff ist weltweit verfügbar, so dass es keiner besonderen Logistik bedarf. Darüber hinaus ist Dieselkraftstoff für Marineschiffe ein bei der NATO standardisierter Kraftstoff. Auf den Schiffen muss keine zusätzliche Tankkapazität für neue zusätzliche  
25 Betriebsstoffe bereitgestellt werden.

Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Brennstoffzelle eine direkte Methanol-Brennstoffzelle (DMFC). In einer weiteren besonders vorteilhaften  
30 Ausgestaltung der Erfindung ist die Brennstoffzelle eine keramische Hochtemperaturbrennstoffzelle (SOFC). Die Betriebstemperatur einer SOFC-Brennstoffzelle beträgt etwa 950 bis 1000° C. Da eine nachträgliche Wärmenutzung erfolgt, ist nicht nur der Wirkungsgrad von SOFC-Brennstoffzellen beson-  
35 ders hoch, beispielsweise > 60%, sondern auch der Heißluftaustritt aus dem Reformer erfolgt bei etwa 300° C. Dieser Heißluftstrom kann ohne weiteres in das Wasser eingeleitet



werden. Die Verwendung von SOFC-Brennstoffzellen in Kombination mit Flüssiggas-Reformern eignet sich besonders vorteilhaft für den Antrieb von zivileingesetzten Schiffen.

- 5   Vorteilhafterweise werden Abgase, insbesondere Reformegase und Absorbergase, seitens des Energiesystems direkt ins Fahrwasser eingeführt, besonders bevorzugt ins Schraubenwasser eines Ruderpropellerantriebs oder in den Volumenraum eines Wasserstrahlantriebs eingeblasen. Dadurch kann das Wasser-
- 10   fahrzeug auch nicht mehr anhand seiner Abgase und deren Wärmestrahlung detektiert werden, was ansonsten beispielsweise mittels Infrarotstrahlung und dergleichen möglich ist. Kleinere Abgasmengen sind dabei mittels Infrarotdetektoren nicht nachweisbar. Zur Vermeidung jedweder Wärmesignatur ist der
- 15   Reformer vorzugsweise mit einer Wärmeabschirmung versehen, vorzugsweise mittels Spülgaseinrichtungen zur Kühlung mit Spülgas, welches außerbords des Wasserfahrzeugs zum Kühlen durchs Wasser geführt wird.
- 20   Vorteilhafterweise umfasst das Leitungsnetzwerk ein Gleichspannungsversorgungsnetz, über welches die seitens der Brennstoffzellenmodule erzeugte elektrische Energie zu den einzelnen elektrischen Verbrauchern bzw. Verbrauchergruppen transportiert und dort bei Bedarf in die an dem jeweiligen Ein-
- 25   satzort benötigte Energieform umgewandelt wird. Vorteilhafterweise wird die seitens der Brennstoffzellenmodule erzeugte Gleichspannung für den elektrischen Antrieb für den Vortrieb des Wasserfahrzeugs über wenigstens eine Wechselrichtereinheit in einen Wechselstrom mit variabler Spannung und/oder
- 30   variabler Frequenz umgeformt. Der elektrische Antrieb des Wasserfahrzeugs wandelt die ihm zugeführte elektrische Energie dann in mechanische Energie um und stellt diese an seiner Welle dem Wasserfahrzeugantrieb zur Verfügung.
- 35   In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind drehzahlveränderbare Drehstrommotoren für Hilfsmaschinen wie Kühlwasserpumpen, Klimaanlagekompressoren und derglei-

chen, über steuerbare Wechselrichtereinheiten mit elektrischer Energie gespeist. Wechselstromverbraucher, wie Heizungsanlagen, Kühlanlagen und Beleuchtungsanlagen sind vorteilhafterweise über Wechselrichtereinheiten mit konstanter Spannung und Frequenz mit elektrischer Energie versorgt. In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden zur Versorgung von Verbrauchern mit konstanter Spannung und Frequenz Umformersätze, vorteilhafterweise bestehend aus einem Gleichstrommotor und einem Drehstrom-Synchrongenerator oder einer Wechselrichtereinheit bzw. einem Drehstrommotor und einem Drehstrom-Synchrongenerator, verwendet.

Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist das Energiesystem wenigstens ein Brennstoffzellenmodul für eine Notstrom- bzw. Bordstromerzeugung auf, die vorteilhafterweise bei einem Betrieb des Wasserfahrzeugs in einem Hafengebiet Verwendung findet.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung werden nachfolgend anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Dabei zeigen:

Figur 1 den prinzipiellen Aufbau eines erfindungsgemäßen Energiesystems für Wasserfahrzeuge anhand eines Einschraubenschiffs und

Figur 2 den prinzipiellen Aufbau eines erfindungsgemäßen Energiesystems für Wasserfahrzeuge anhand eines Zweischraubenschiffs.

Figur 1 und 2 zeigen jeweils ein Ausführungsbeispiel eines Energiesystems 1 für Wasserfahrzeuge. Das Energiesystem 1 gemäß Figur 1 ist für ein Einschraubenschiff und weist dementsprechend einen elektrischen Antrieb 17 auf, welcher über eine Welle 18 mit Drucklager 19 einen Schiffspropeller 20 antreibt. Figur 2 zeigt ein Energiesystem 1 für ein Zweischraubenschiff, wobei back- und steuerbordseitig jeweils ein elek-

trischer Antrieb 17 vorgesehen ist, welcher jeweils über eine Welle 18 und mit Drucklager 19 einen Schiffspropeller 20 antreibt.

- 5 Die elektrischen Antriebe 17 gemäß Figur 1 und 2 sind über ein Dreiphasen-Drehstromnetzwerk und eine Wechselrichtereinheit 10 mit einem back- und steuerbordseitigen Gleichstromnetzwerk 2 verbunden, welche jeweils von wenigstens einem Brennstoffzellenmodul 6 und 7 bzw. 6, 7 und 9 mit elektrischer Energie versorgt werden. Die Gleichstromnetzwerke 2 weisen dabei mehrere Schaltelemente auf, welche seitens einer hier nicht explizit dargestellten Steuereinrichtung in Abhängigkeit der geforderten Leistung geschaltet werden, wobei je nach Leistungsbedarf die Brennstoffzellenmodule 6, 7 bzw. 9, 15 in Reihen- und/oder Parallelschaltung zu einer Brennstoffzellenanlage zusammengeschaltet werden. Die in Gleichstromnetze 2 sind über Wechselrichtereinheiten 11 bzw. 12 mit Drehzahl veränderbaren Drehstrommotoren 13 für Hilfsmaschinen wie Kühlwasserpumpen, Klimaanlage, Kompressoren und dergleichen. 20 bzw. mit Wechselstromnetzwerken 14 verbunden. Die Wechselrichtereinheiten 11 zur Speisung der Drehzahl veränderbaren Drehstrommotoren 13 sind dabei steuerbar ausgebildet. Über jeweils einen Umformer 16, vorliegend ein Transformator, ist das back- bzw. steuerbordseitige Wechselstromnetzwerk 14 mit 25 weiteren back- bzw. steuerbordseitigen Wechselstromnetzwerken 4 sowie einem Wechselstromnetzwerk 5 für eine Notstromversorgung verbunden. Die Umformer 16 stellen dabei eine Versorgung von Verbrauchern mit konstanter Spannung und Frequenz bereit, welche seitens der Wechselstromnetzwerke 4 bzw. 5 anschließbar sind, beispielsweise Wechselstromverbraucher wie Heizungsanlagen, Kühlanlagen und Beleuchtungsanlagen. 30

Wie in den Figuren 1 und 2 dargestellt, umfasst das Energiesystem 1 zusätzlich ein Brennstoffzellenmodul 8, welches über 35 ein Gleichstromnetzwerk 3 eine Notstromversorgung bereitstellt. Über das Gleichstromnetzwerk 3 ist das Brennstoffzellenmodul 8 einerseits mit den back- und steuerbordseitigen

Gleichstromnetzwerken 2 und andererseits über Wechselrichtereinheiten 15 mit dem für eine Notstromversorgung von elektrischen Wechselstromverbrauchern vorgesehenen Wechselstromwerknetz 5 verbunden.

5

Je nach Leistungsbedarf werden die Gleichstromnetzwerke 2 und 3 bzw. die Wechselstromnetzwerke 4, 5 und 14 seitens der hier nicht explizit dargestellten Steuereinrichtung verschaltet. Die Verschaltung der Gleich- und Wechselstromnetzwerke ist dabei derart ausgelegt, dass bei Ausfall einzelner Brennstoffzellenmodule jederzeit eine Versorgung der elektrischen Antriebe 17 sowie der bordnetzseitigen elektrischen Verbraucher wie Drehstrommotoren für Hilfsmaschinen wie Kühlwasserpumpen, Klimaanlage, Kompressoren und dergleichen sowie Heizungsanlagen, Kühlanlagen und Beleuchtungsanlagen gewährleistet ist.

10

15

Die in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele dienen lediglich der Erläuterung der Erfindung und sind für diese nicht beschränkend.

20

## Patentansprüche

1. Energiesystem (1) für ein Wasserfahrzeug mit zumindest einem elektrische Energie aus Brennstoff erzeugenden, mehrere  
5 miteinander verbundene Brennstoffzellen aufweisenden Brennstoffzellenmodul (6, 7, 8, 9), insbesondere einem  $H_2O_2$ -Brennstoffzellenmodul, einem mit dem Brennstoffzellenmodul (6, 7, 8, 9) elektrisch verbindbaren Gleichstromnetzwerk (2) und wenigstens einem über eine Wechselrichtereinheit (10) mit  
10 dem Gleichstromnetzwerk (2) verbindbaren Wechselstromantrieb (17) des Wasserfahrzeugs, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass ein mit einem eine konstante Spannung und Frequenz erzeugenden Umrichter (12, 15) verbindbares Wechselstromnetzwerk (4, 5, 14) zum Anschluß von Wechselstrom-  
15 Verbrauchern über den Umrichter (12, 15) mit dem Gleichstromnetzwerk (2) verbindbar ist.
2. Energiesystem nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Wechselrichtereinheit (10)  
20 einen Wechselstrom mit variabler Spannung und/oder Frequenz erzeugt.
3. Energiesystem nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Wechselrichtereinheit (10) steuerbar ausgebildet ist.  
25
4. Energiesystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass in Abhängigkeit des Leistungsbedarfs mehrere Brennstoffzellenmodule (6, 7, 8, 9) in  
30 Reihen- und/oder Parallelschaltung zu einer Brennstoffzellenanlage zusammenschaltbar sind.
5. Energiesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass über das Gleichstromnetz (2) mittels steuerbarer Wechselrichtereinheiten  
35 (11) Drehzahl veränderbare Drehstrommotoren (13) für Hilfsmaschinen speisbar sind.



6. Energiesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dieses ein Brennstoffzellenmodul (8) zur Notstromversorgung aufweist, welches über ein Gleichstromnetzwerk (3) mit dem Gleichstromnetzwerk (2) und über dieses mittels einer Wechselrichtereinheit (10) mit dem elektrischen Antrieb (17) verbindbar ist.

7. Energiesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dieses ein Brennstoffzellenmodul (8) zur Notstromversorgung aufweist, welches über ein Gleichstromnetzwerk (3) und eine Wechselrichtereinheit (15) mit einem Wechselstromnetzwerk (5) für Wechselstromverbraucher verbindbar ist.

8. Energiesystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennstoffzellen einen festen Elektrolyten aufweisen.

9. Energiesystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektrolyt aus Kunststoff ist, vorzugsweise eine polymere Membran ist.

10. Energiesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennstoffzellen mit Reaktionsgas aus einem Reformer betreibbar sind.

11. Energiesystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Reformer ein Dieselreformer ist.

12. Energiesystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Reformer ein Leichtbenzinreformer ist.

13. Energiesystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Reformer ein Methanolreformer ist.

14. Energiesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennstoffzelle mit Luft betreibbar ist.

15. Energiesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Abgase der Antriebe, vorzugsweise Reformer- und/oder Absorbergase, ins Fahrwasser eingeleitet werden, besonders bevorzugt in den Volumenraum eines Wasserstrahlantriebs und/oder in das Schraubenwasser eines Ruderpropellerantriebs eingeblasen werden.

16. Energiesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennstoffzelle eine direkte Methanol-Brennstoffzelle (DMFC) ist.

17. Energiesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennstoffzelle eine keramische Hochtemperaturbrennstoffzelle (SOFC) ist.

18. Energiesystem nach einem der Ansprüche 10 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Reformer wärmeisoliert ist und mit einem vorzugsweise außerhalb des Wasserfahrzeugs geführten Spülgas gekühlt wird.

19. Energiesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Brennstoffzellenmodule im Wasserfahrzeug angeordnet sind.

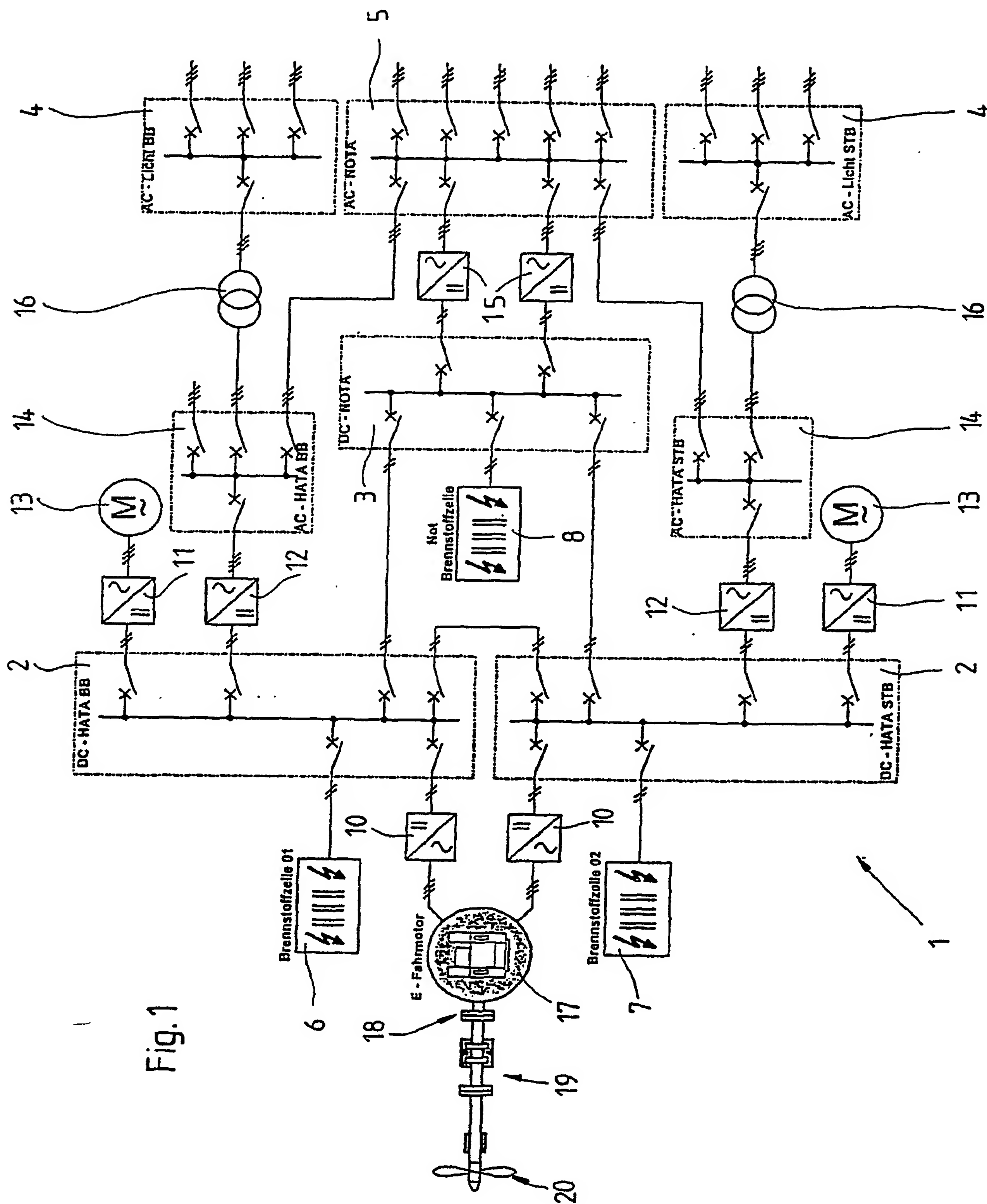


Fig. 1

2/2

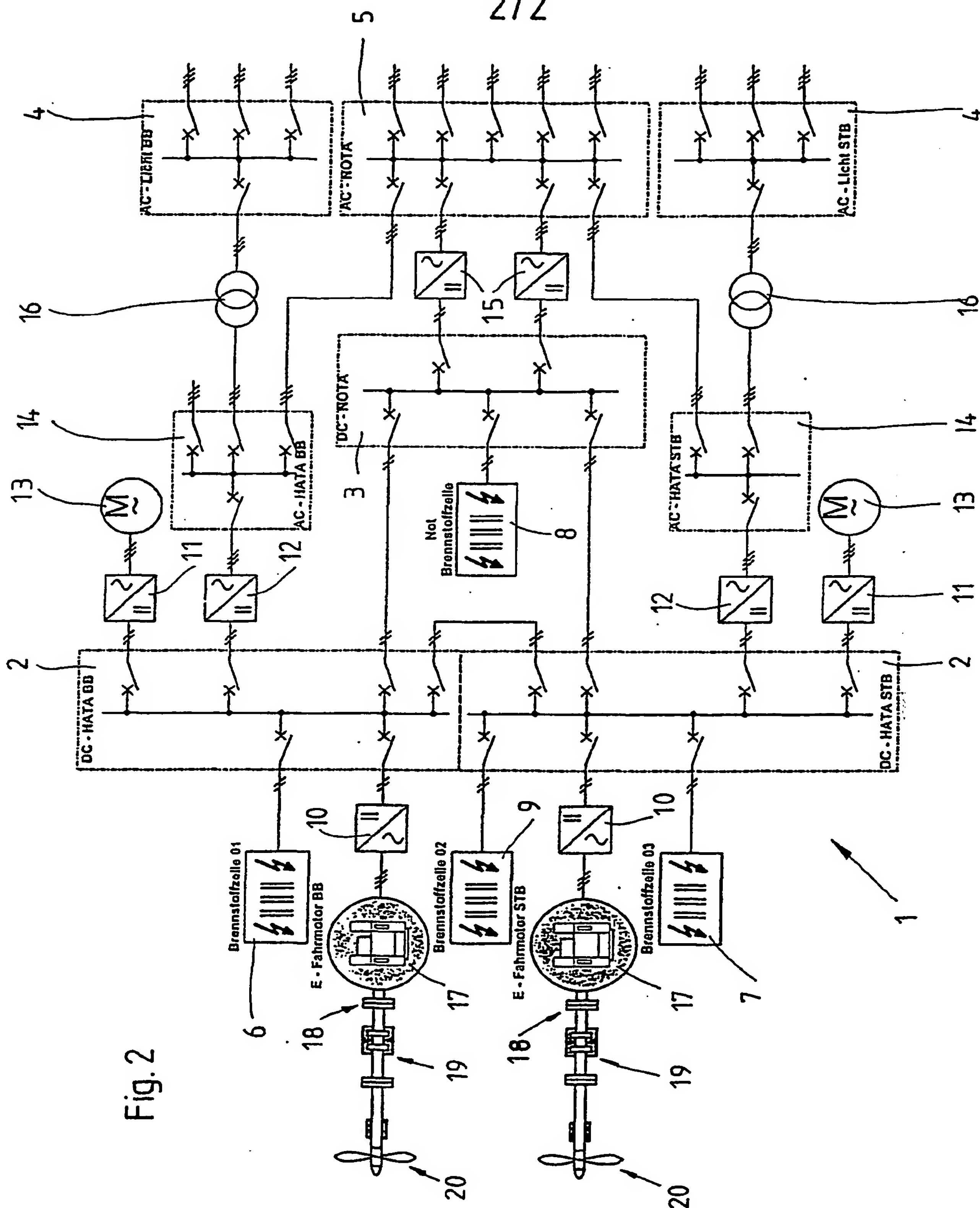


Fig. 2

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inventor

PCT/DE 02/00195

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H02J1/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H02J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 197 39 917 A (SIEMENS) 18 March 1999 (1999-03-18) cited in the application	1,4,19
A	column 4, line 46 -column 5, line 65; figure 1	2,3,5
Y	EP 0 536 876 A (NEWPORT NEWS SHIPBUILDING AND DRY DOCK COMPANY) 14 April 1993 (1993-04-14) column 4, line 5 -column 6, line 49; figures 1-6	1
Y	EP 0 052 265 A (SIEMENS) 26 May 1982 (1982-05-26) page 5, line 10 -page 11, line 34; figures 1,2	4,19
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 June 2002

Date of mailing of the international search report

05/07/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Calarasanu, P



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

h for  
PCT/DE 02/00195

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>WO 97 15106 A (LICENTIA PATENT-VERFAHREN) 24 April 1997 (24) page 5, line 30; figure 1</p>	<p>1,6-10, 13,14</p>

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

STANDARD

PCT/DE 02/00195

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19739917	A	18-03-1999	DE 19739917 A1	18-03-1999
			AU 743548 B2	31-01-2002
			AU 9736498 A	29-03-1999
			CA 2302621 A1	18-03-1999
			CN 1269916 T	11-10-2000
			WO 9913550 A1	18-03-1999
			EP 1012943 A1	28-06-2000
			NO 20001291 A	10-03-2000
			US 6188591 B1	13-02-2001
EP 536876	A	14-04-1993	US 5199912 A	06-04-1993
			DE 69208193 D1	21-03-1996
			DE 69208193 T2	18-07-1996
			DK 536876 T3	17-06-1996
			EP 0536876 A1	14-04-1993
			ES 2089408 T3	01-10-1996
			FI 923650 A	16-02-1993
			GR 3019506 T3	31-07-1996
			JP 5219654 A	27-08-1993
EP 52265	A	26-05-1982	DE 3043692 A1	30-09-1982
			EP 0052265 A2	26-05-1982
			JP 1631758 C	26-12-1991
			JP 2054627 B	22-11-1990
			JP 57111963 A	12-07-1982
			US 4407903 A	04-10-1983
WO 9715106	A	24-04-1997	DE 19538381 A1	17-04-1997
			AT 182235 T	15-07-1999
			CA 2234639 A1	24-04-1997
			DE 59602457 D1	19-08-1999
			WO 9715106 A1	24-04-1997
			EP 0855098 A1	29-07-1998
			ES 2134014 T3	16-09-1999
			TR 9800619 T2	21-07-1998
			US 6011324 A	04-01-2000

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

PCT/DE 02/00195

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 H02J1/10

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H02J

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 197 39 917 A (SIEMENS) 18. März 1999 (1999-03-18) in der Anmeldung erwähnt	1,4,19
A	Spalte 4, Zeile 46 - Spalte 5, Zeile 65; Abbildung 1	2,3,5
Y	EP 0 536 876 A (NEWPORT NEWS SHIPBUILDING AND DRY DOCK COMPANY) 14. April 1993 (1993-04-14) Spalte 4, Zeile 5 - Spalte 6, Zeile 49; Abbildungen 1-6	1
Y	EP 0 052 265 A (SIEMENS) 26. Mai 1982 (1982-05-26) Seite 5, Zeile 10 - Seite 11, Zeile 34; Abbildungen 1,2	4,19
	--- -/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

26. Juni 2002

Absenddatum des Internationalen Recherchenberichts

05/07/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Calarasanu, P

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationaler

PCT/DE 02/00195

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>WO 97 15106 A (LICENTIA PATENT-VERWALTUNGS-GMBH) 24. April 1997 (1997-04-24) Seite 5, Zeile 7 -Seite 7, Zeile 30; Abbildung 1</p> <p>-----</p>	<p>1,6-10, 13,14</p>

Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

PCT/DE 02/00195

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19739917 A	18-03-1999	DE 19739917 A1	18-03-1999
		AU 743548 B2	31-01-2002
		AU 9736498 A	29-03-1999
		CA 2302621 A1	18-03-1999
		CN 1269916 T	11-10-2000
		WO 9913550 A1	18-03-1999
		EP 1012943 A1	28-06-2000
		NO 20001291 A	10-03-2000
		US 6188591 B1	13-02-2001
EP 536876 A	14-04-1993	US 5199912 A	06-04-1993
		DE 69208193 D1	21-03-1996
		DE 69208193 T2	18-07-1996
		DK 536876 T3	17-06-1996
		EP 0536876 A1	14-04-1993
		ES 2089408 T3	01-10-1996
		FI 923650 A	16-02-1993
		GR 3019506 T3	31-07-1996
		JP 5219654 A	27-08-1993
EP 52265 A	26-05-1982	DE 3043692 A1	30-09-1982
		EP 0052265 A2	26-05-1982
		JP 1631758 C	26-12-1991
		JP 2054627 B	22-11-1990
		JP 57111963 A	12-07-1982
		US 4407903 A	04-10-1983
WO 9715106 A	24-04-1997	DE 19538381 A1	17-04-1997
		AT 182235 T	15-07-1999
		CA 2234639 A1	24-04-1997
		DE 59602457 D1	19-08-1999
		WO 9715106 A1	24-04-1997
		EP 0855098 A1	29-07-1998
		ES 2134014 T3	16-09-1999
		TR 9800619 T2	21-07-1998
		US 6011324 A	04-01-2000



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**